



PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **06250381 A**

(43) Date of publication of application: 09 . 09 . 94

(51) Int. Cl.

G03F 1/08
H01L 21/027
// H01L 21/302

(21) Application number: **05038705**

(22) Date of filing: 26 . 02 . 93

(71) Applicant: **SHARP CORP**

(72) Inventor: **FUKUSHIMA TAKASHI**
TAKAGI TOSHIKIMI

(54) MASK PLATE FOR PHOTOEXPOSING AND ITS PRODUCTION

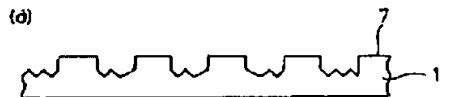
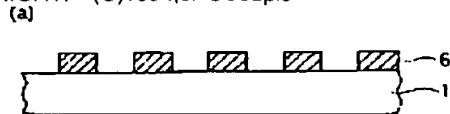
(57) Abstract:

PURPOSE: To provide the mask plate for photoexposing which can be easily produced and has durability and a high resolving power by providing the inside of a transparent substrate with grooves having fine ruggedness in the bottom, to form translucent regions and specifying the phase difference between the transmitted light rays of these regions and transparent regions to a substantially specific value.

CONSTITUTION: A resist for electron beams is applied on a quartz substrate 1 and desired patterns are plotted thereon by an electron beam plotter. Resist patterns 6 are obtd. after development. In succession, the phase shift regions 3 are formed by a reactive ion etching method using these patterns 6 as a mask. Further, the etching is executed by changing the etching conditions to conditions under which gaseous hydrocarbon is added, to form the extremely fine ruggedness 4 in the bottoms of the phase shift regions 3. The optimum value exists at the depth of the phase shift regions 3 by the wavelength of exposing light and the refractive index of the transparent substrate. The depth is adjusted by the etching time in such a manner that the substantial phase

difference attains 180°. The resist is thereafter removed and the mask plate 9 for photoexposing is completed.

COPYRIGHT: (C)1994,JPO&Japio



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-250381

(43)公開日 平成 6年(1994) 9月 9日

(51)Int.Cl.⁶

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

G 0 3 F 1/08

A 7369-2H

H 0 1 L 21/027

// H 0 1 L 21/302

F 9277-4M

7352-4M

H 0 1 L 21/ 30

3 0 1 P

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 7 頁)

(21)出願番号

特願平5-38705

(22)出願日

平成 5年(1993) 2月26日

(71)出願人 000005049

シャープ株式会社

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号

(72)発明者 福島 隆史

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ

ャープ株式会社内

(72)発明者 高木 俊公

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ

ャープ株式会社内

(74)代理人 弁理士 野河 信太郎

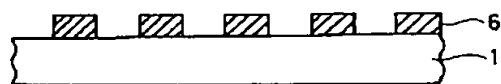
(54)【発明の名称】 光露光用マスク板及びその製造方法

(57)【要約】

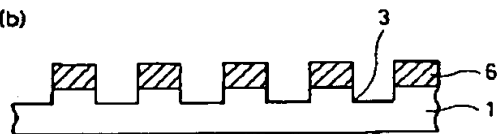
【目的】 作製方法が容易で耐久性があり解像力の高い光露光用マスク板及びその製造方法を提供する。

【構成】 可視光または紫外光に対して透明な基板に、半透明な領域と透明な領域を有し、該半透明な領域と透明な領域とをそれぞれ通過する光の位相差が実質的に 180° となる構成とし、前記半透明な領域が前記透明な基板に微細な凹凸を形成してなることを特徴とする光露光用マスク板。

(a)



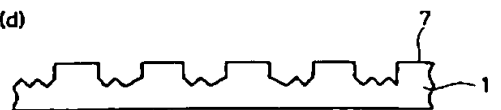
(b)



(c)



(d)



【特許請求の範囲】

【請求項1】 可視光または紫外光に対して透明な基板内に、底部に微細な凹凸を有する溝を設けて前記光に対して半透明な領域を形成し、かつこの半透明な領域と残る透明な領域との透過光に対する位相差を実質的に180°にしたことを特徴とする光露光用マスク板。

【請求項2】 半透明な領域が、透明な領域に対して10～90%の光透過率である請求項1の光露光用マスク板。

【請求項3】 表面にレジストパターンが形成されたS i O₂系の基板に、CHF₃またはCF₄とH₂の混合気体からなる第1のエッチングガスを用いてエッチングし、およそ式(I)

$$m\lambda / \{2(n-1)\} \quad (I)$$

(ただしmは正の奇数、λは光の波長、nは基板の屈折率である)の距離に相当する深さの溝を予備形成し、この後に第1のエッチングガスに0.5～10vol%の炭化水素ガスを混合した第2のエッチングガスを用いて再びエッチングして式(I)に相当する深さで底面に光を反射する微細な凹凸を形成して溝を完成させ光露光用マスク板を製造することを特徴とする光露光用マスク板の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、半導体装置等の製造に利用される光露光用マスク板及びその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】 半導体分野に於いて、集積度が増すに従って、加工技術が微細化している。ミクロン・オーダーの微細なパターンを形成するために、半導体基板上に塗布された感光性樹脂(レジスト)にマスク・パターンを縮小転写(1/5倍等)する光露光技術が使用されている。現在量産がなされている1Mbit(メガビット)DRAM(ダイナミック・ラム)や4MbitDRAMにおける最少線幅はそれぞれ1.2μm、0.8μmが採用されている。これらを生産する光露光装置(ステッパ)は大部分がg線と呼ばれる超高圧水銀ランプから発する436nmの輝線を用いており、一部でi線と呼ばれる同ランプから発する365nmの輝線の利用が始まっている。

【0003】 将来量産が予定されている64MbitDRAM、及び256MbitDRAMでは、要求されている最少線幅はそれぞれ0.3μm、0.2μmである。これらの半導体装置を量産するためにはより解像度の高い光露光技術の開発が求められている。露光光の短波長化により解像度の向上を図るためg線に代えてi線、更に248nmのクリプトン・フッ素(KrF)エキシマーレーザーの利用が検討されている。

【0004】 これらの露光装置では石英等の透明基板上

に通常金属薄膜で形成された不透明パターンを配置したマスクに裏面より光を照射し、マスクを透過した光束を投影レンズを介して縮小して基板上に結像している。基板上での光像のコントラストはパターンサイズが波長に近づくにつれ、パターン端での光の回折により悪くなり、レンズの開口数(NA)と波長によって決まる限界解像度より遙かに悪い解像度しか実現できていない。最近マスク上のパターン構造を改良し光像のコントラストを高め、実用解像度を飛躍的に改良する次の3つの位相シフト法が提案されている。

【0005】 上記位相シフト法は、位相シフトマスクが使用される。第1の例を図5に示す。11は露光波長に対して透明な石英基板であり、12は露光光を遮るクロム薄膜である。13は露光光に対して透明な薄膜(位相シフト膜)であり、その膜厚Tsは屈折率nと露光波長λと次の関係にある。

$$Ts = \lambda / \{2 \cdot (n - 1)\} \quad (1)$$

この条件は薄膜13を透過した露光光の位相がちょうど半波長だけずれる様に設定されている。開口部14、15は通常マスクの開口部に対応しており、開口部15が位相シフト膜13を伴って配置されている。

【0006】 本位相シフトマスクでは開口部14を透過した光と開口部15を透過した光の位相が180度異なるため、開口部14から回折した光波と開口部15から回折した光波が打ち消し合い、投影面では開口部14、15それぞれの光の染みだしが抑制され、投映像のコントラストが改善される。次に第2の例を図6を用いて示す。

【0007】 図6において21は露光波長に対して透明な石英基板であり、22は露光光を遮るクロム薄膜である。23は位相シフト膜となるレジスト膜であり、その膜厚は(1)式の関係を満たしている。本マスクの作製工程では電子ビーム描画装置で図示しないレジストで開口部24を形成した後、クロム膜22をエッチングし、開口部24でのクロム膜を除去した後、位相シフト膜であるレジスト23を塗布し、透明基板21側から遠紫外線によりクロム膜22をマスクとして露光することにより位相シフト膜23に開口部24を形成する。その後、位相シフト膜23下のクロム膜をエッチングすることでクロム膜22の開口部は24より大きくなり、クロム膜の周辺部にはレジスト膜が覆いかぶさった領域25が形成される。

【0008】 領域25を透過した光と領域24を透過した光の位相は180度異なり、投影像において両者が重なる場合には互いに打ち消し合うため、領域24から周辺部への光の染みだしは抑制される。従って、結像面での光の強度分布は非常にシャープとなり、実用解像度を向上する事ができる。第3の例を図7を用いて示す。

【0009】 図7において、31は露光波長に対して透明な石英基板であり、33は位相シフト膜となる透明膜

であり、その膜厚は(1)式の関係を満たしている。本マスクの作成工程では位相シフト膜33の上に図示しないレジストを塗布し電子ビーム描画装置で所望のパターンを描画した後、通常の方法による現像によりレジストパターン36を得る(図7a)。このようにして得られたレジストパターン36をマスクとして位相シフト膜33を加工する(図7b)。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】 上記従来の位相シフト法の第1の方法は、位相シフトマスクがレジストに投影されるパターンのコントラストを改善するため、実用解像度は大幅に向上する。しかし図5のごときマスクを製造するためには電子ビーム描画装置によりクロムパターンを形成するための第1のレジスト像を描画した後、位相シフト膜を規定するための第2のレジスト像を形成しなければならない。長時間を要する電子ビーム描画を2度行う必要がある上に第1のパターンに第2のパターンを高精度に重ね合わせる必要があり、マスク作製は技術的に難度が増すと同時にコストが高くなってしまいう問題がある。

【0011】第2の方法は、電子ビーム露光装置の描画回数は増えないが、マスク作製工程は繁雑である。また、位相シフト膜として残されたレジスト膜は脆い材料であるため、マスク上のゴミを除去するための洗浄を実施することが困難であり、実用的な方法ではない。

【0012】第3の方法は、位相シフト膜33を透過した光と透明基板を透過した光の位相は 180° 異なり、レジスト面上での光強度は位相シフト部と透明基板の境界部分に暗部が生じる。特に位相シフト膜33の幅を制御することによりマスク透過後の光の位相及びレジスト面上での光強度をそれぞれに従来の不透明な遮光膜を利用したマスクと同等の効果が得られる。このようなシフター遮光方式位相シフトマスクを、レジストi線ステップによる露光に用いると投影メモリ面上 $0.20\mu\text{m}$ (マスク面上 $1.0\mu\text{m}$)幅の位相シフト膜を用いるとシフターが遮光部として作用する。今、 $0.55\mu\text{m}$ ピッチのライン&スペースパターンの解像を考えると隣合うシフターの間隔がレジスト面上に換算して $0.35\mu\text{m}$ となり、光源波長の 365nm と同程度となり、 $0.6\mu\text{m}$ ピッチのライン&スペースパターンは従来マスクと同様に解像がほとんど不可能であることが判る。

【0013】また、同様にKrFエキシマレーザを光源とするステップによる露光に用いると、投影面上 $0.15\mu\text{m}$ (マスク面上 $0.75\mu\text{m}$)幅のシフターを用いるとシフターが遮光部として作用する。今、 $0.4\mu\text{m}$ ピッチのライン&スペースの解像を考えると隣合うシフターの間隔が投影面上に換算して $0.25\mu\text{m}$ となり、光源波長の 248nm と同程度となり、 $0.4\mu\text{m}$ ピッチのライン&スペースパターンは従来マスクと同様に解像がほとんど不可能であることが判る。従って本マスク

は、作成方法は簡便ではあるが解像力の向上は約 $10\% \sim 20\%$ 程度で十分でないという問題がある。

【0014】この発明は、上記問題を解決するためになされたものであって、作製方法が容易で耐久性があり解像力の高い光露光用マスク板及びその製造方法を提供しようとするものである。

【0015】

【課題を解決するための手段】この発明によれば、可視光または紫外光に対して透明な基板内に、底部に微細な凹凸を有する溝を設けて前記光に対して半透明な領域を形成し、かつこの半透明な領域と残る透明な領域との透過光に対する位相差を実質的に 180° にしたことを特徴とする光露光用マスク板が提供される。

【0016】上記透明な基板は、例えば SiO_2 系化合物等から作成することができる。 SiO_2 系化合物としては、例えばガラス、石英等がある。上記半透明な領域は、非露光領域を形成するためのものであって、露光光の実質的な光透過率が透明な領域の光透過率に対して $10 \sim 90\%$ である。この光透過率は、露光光の入射面に形成される極微細な凹凸によって入射光(露光光)が散乱する結果達成される。

【0017】この凹凸は、凸部の数が通常 $1000 \sim 5000$ ヶ/ mm^2 であり凹凸の高低差が通常 $3 \sim 10\text{nm}$ である。上記透明な領域は、露光領域を形成するためのものであって、露光光の入射面が平滑である。上記半透明な領域と透明な領域とをそれぞれ通過する光は、解像度を高めるために、それぞれの領域の境界付近で回折光が互いに干渉して消去しあうのがよく、位相差が実質的に 180° であるのがよい。

【0018】位相差が実質的に 180° となるためには、半透明な領域と透明な領域とが、入射光(露光光)の入射方向に式(1)

$$m\lambda / \{2 \cdot (n-1)\} \quad (1)$$

(ただし m は正の奇数、 λ は露光光の波長、 n は基板の屈折率である)に相当する距離の光路差を有するのがよい。

【0019】この発明の光露光用マスク板は、例えば次のようにして製造することができる。すなわち、表面にレジストパターンが形成された SiO_2 系の基板に、 CHF_3 または CF_4 と H_2 の混合気体からなる第1のエッチングガスを用いてエッチングしおよそ式(1)

$$m\lambda / \{2(n-1)\} \quad (1)$$

(ただし m は正の奇数、 λ は光の波長、 n は基板の屈折率である)の距離に相当する深さの溝を予備形成し、この後に第1のエッチングガスに $0.5 \sim 10\text{vol}\%$ の炭化水素ガスを混合した第2のエッチングガスを用いて再びエッチングして式(1)に相当する深さで底面に光を反射する微細な凹凸を形成して溝を完成させ光露光用マスク板を製造する。

【0020】上記第1のエッチングガスは、基板に溝を

予備形成するためのものであって、CHF₃、又はCF₄とH₂の混合ガスが用いられる。このガスに少量のO₂を混合することもできる。予備形成された溝は、底面が平滑であり深さがおよそ式(1)

$$m\lambda = \{2(n-1)\} \quad (1)$$

(ただしmは正の奇数、λは光の波長、nは基板の屈折率である)の距離に相当するが、具体的には式(1)の距離に相当するよりも通常10～50nm浅く設定される。

【0021】上記第2のエッチングガスは、溝の底面に光反射性の凹凸を形成して溝を完成するためのものであって、第1のエッチングガスに0.5～10vol%、好ましくは1～2vol%の炭化水素ガスを混合して作製される。炭化水素ガスは、例えばメタン、エタン等を用いることができる。混合する炭化水素の量は、10vol%以上では凹凸が大きく不均一となるので好ましくない。0.5vol%未満では凹凸が小さく光透過率を十分に下げることができないので好ましくない。

【0022】このエッチングは、通常10～50nmの深さだけ行なわれ、溝の深さを式(1)の距離に相当する*20

露光光の波長と位相シフト領域の深さ(石英の屈折率を1.46として算出)

露光光の波長/nm

436

365

248

位相シフト領域の深さ/nm

474

397

270

このマスクの位相シフト領域2を通った光は微細な凹凸4により散乱され、結果として位相シフト領域2の透過率は、溝以外の透明基板領域1と比較すると小さくなる。このようにマスクを通過した光の振幅分布は、図1(b)に示すように溝以外の透明領域1と通過した光の位相が正であるのに対し、位相シフト領域2を通過した光の位相は反転し負の符号となる。この光をレンズを通して試料基板上に投影すると、図1(c)に示すように、溝以外の透明基板領域1と位相シフト領域2の境界で位相反転しているため、その直下で光強度がほぼ0となる。そのため光強度分布の広がりが増えられ、コントラストの高い微細なパターンが形成できる。

【0026】

【実施例】

実施例1

本発明の実施例を図2にしたがって説明する。石英製の基板1の上に電子ビーム用レジストを塗布し、電子ビーム描画装置により所望のパターンを描画し、現像後レジストパターン6を得る(図2a)。

【0027】続いて、レジストパターン6をマスクとして、通常の反応性イオンエッチング法(RIE)により位相シフト領域3を形成する(図2b)。さらに、エッ

*ようにして溝を完成する。得られた光露光用マスク板は、投影露光装置に配置し、例えば表面に感光性材料が形成されたウェハ等にこのマスク板を透過した光が露光されるようにして用いられる。

【0023】

【作用】本発明により得られる光露光用マスクの作用を図1を用いて説明する。図1(a)は、透明基板及び位相シフト領域の境界付近を拡大した模式図で1は基板の溝以外の領域、2は溝の領域(位相シフト領域)、3は溝の深さ、4は微細な凹凸である。

【0024】位相シフト領域の深さ3は式(1)に従い表1に示すように露光光の波長及び透明基板の屈折率によって最適値が存在し、これは溝以外の透明領域と光反射性の凹凸を有する溝の半透明領域を通過する光の位相が180°異なる条件であるが実際には、実質的な位相差が180°であればよいから、位相シフト領域の深さ3は下記の表1に示す深さの奇数倍であってもかまわない。

【0025】

【表1】

チング条件を炭化水素系ガスを添加した条件に変えてエッチングし位相シフト領域3の底部に極微細な凹凸4を形成する(図2c)。このようにして形成した位相シフト領域3の深さは、先の(1)式より露光光の波長により先の表1に示す値となるようにエッチング時間により調整する。

【0028】なお、第1のエッチング深さは、第2のエッチング深さが10nmから50nmになるように調整する。その後レジストを除去し、光露光用マスク板9を完成する(図2d)。本実施例では、電子ビーム用レジストを用い、電子ビーム描画によりパターンを形成したがフォトリソを用い、光露光法によりパターンを形成しても同様の結果を得ることが可能である。

【0029】表1に示す位相シフト領域の深さは、本実施例に示す方法では、レジストパターン6及び基板のエッチングにより形成した位相シフト領域3の端部を垂直に近い角度にて形成することが好ましい。

【0030】実施例2

本発明の第2の実施例を図3にしたがって説明する。石英製のマスク基板1の上に厚さ100nm程度の金属薄膜7を堆積し、さらにその上に電子ビーム用レジスト8を塗布する(図3a)。電子ビーム描画装置により所望の

7

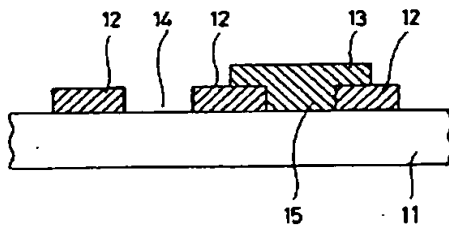
パターンを描画し、現像後レジストパターン8'を得る(図3b)

【0031】続いて、レジストパターン7をマスクとして、通常の反応性イオンエッチング法(RIE)あるいは液相エッチング法により金属薄膜7をエッチングしパターンを形成する(図3c)。続いて、レジストパターン8'及び金属薄膜パターン7'をマスクとしてRIEにより位相シフト領域3を形成する。さらに、エッチング条件を変えて位相シフト領域3の底部に極微細な凹凸4を形成する(図3d)。このようにして形成した位相シフト領域3の深さは、表1に示す値となるようにエッチング時間により調整する。その後、レジスト及び金属薄膜を剥離して所望の光露光用マスク板を得る(図3e)。

【0032】なお、第1のエッチング深さ及び第2のエッチング深さの関係及び実質的な位相シフト領域の深さは、実施例1と同様である。本実施例にしたがってKrFエキシマレーザ(光源波長=248nm)ステップ用の光露光用マスク板の製造工程では、石英製基板上に金属薄膜として厚さ100nmのCr膜を堆積し、パターン形成用レジストとしては500nmのポジ型レジストを用いた。本実施例ではレジスト及び金属薄膜をマスクとした位相シフト領域の形成はRIE法で行った。これらのプロセス技術はIC製造工程において公知の技術である。

【0033】以上の材料及び工程で作成された光露光用マスクを用いた場合のレジスト面上での0.2 μ mラインアンドスペースパターンの光強度分布の計算結果を図4に示す。透明性位相シフトマスクを用いた場合より半透明位相シフトを用いた場合にコントラストが向上することが伺える。実際にこのマスクを用いてNA=0.45のKrFエキシマレーザステップで露光量の最適化を行った上で露光テストを行った。従来のマスクでは0.25 μ mのラインアンドスペースの解像が限界であったのに本マスクでは0.2 μ mのラインアンドスペースを解像することができ10%以上の解像度向上を確認した。

【図5】



8

【0034】本実施例の作成工程としては上記材料、手法以外に多様な材料、手法を用いることができる。位相シフト領域を形成するためのマスク材料としては、本実施例で使用したCrの他にAl, W, Ti, Cu等の金属、Al-Si, W-Si等の合金すなわち、透明性基板とエッチングの選択比が実現可能な材料であればいずれも利用できる。

【0035】また、位相シフト領域の深さを表1に従って決定することで露光光源の波長が代わっても対応することが可能である。例えば上記の実施例に従いi線(365nm)ステップでは位相シフト領域の深さを397nmに設定することで同様の結果が得られている。

【0036】

【発明の効果】この発明によれば、微細なパターンを高い解像度で転写することができ、作製が容易で耐久性に富む光露光用マスク板及びその製造方法を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明の作用の説明図である。

【図2】この発明の実施例で作製した光露光用マスク板の製造工程説明図である。

【図3】この発明の実施例で作製した光露光用マスク板の製造工程説明図である。

【図4】この発明の光露光用マスク板を用いて光露光したときの試料基板上的相対光強度の説明図である。

【図5】従来の光露光用マスク板の説明図である。

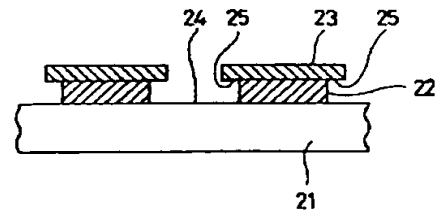
【図6】従来の光露光用マスク板の説明図である。

【図7】従来の光露光用マスク板の説明図である。

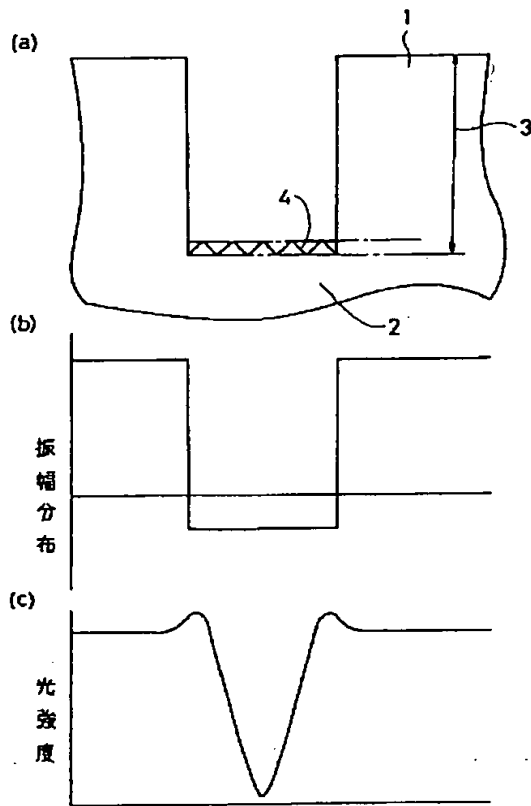
【符号の説明】

- 1 石英製の基板
- 3 位相シフト領域
- 4 微細な凹凸
- 6 レジストパターン
- 7 金属薄膜
- 8 レジスト層
- 9 光露光用マスク板

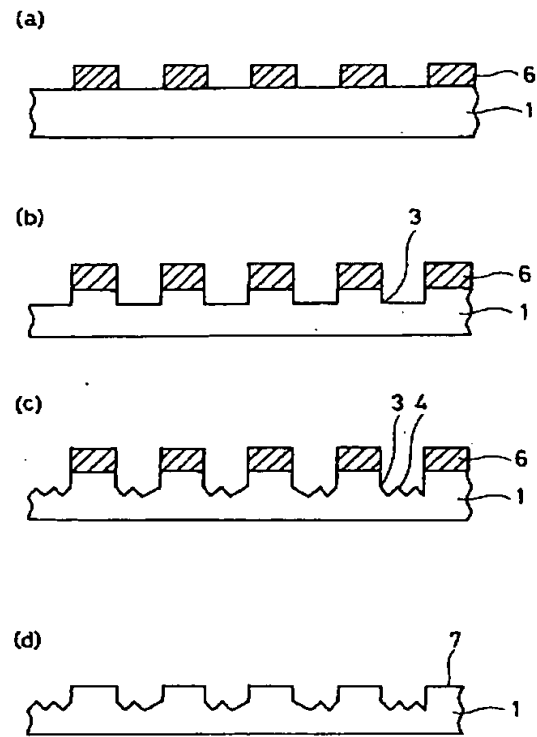
【図6】



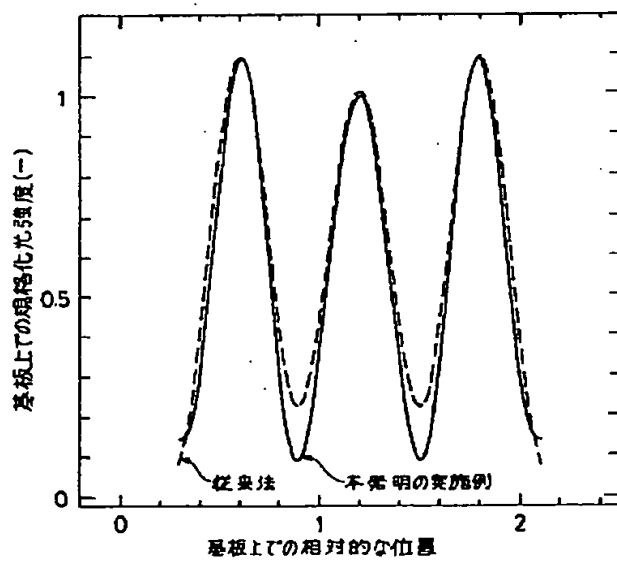
【図1】



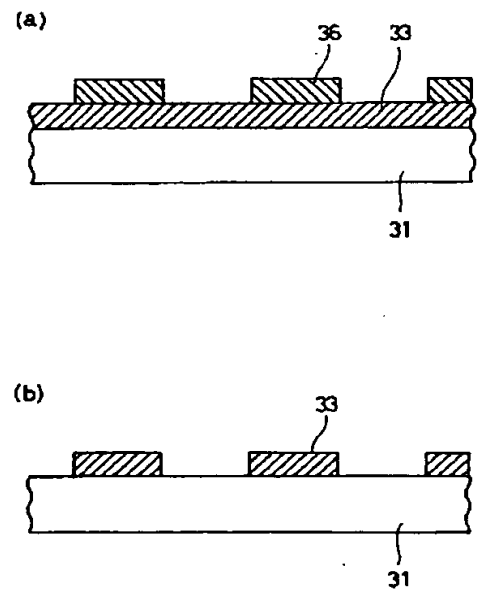
【図2】



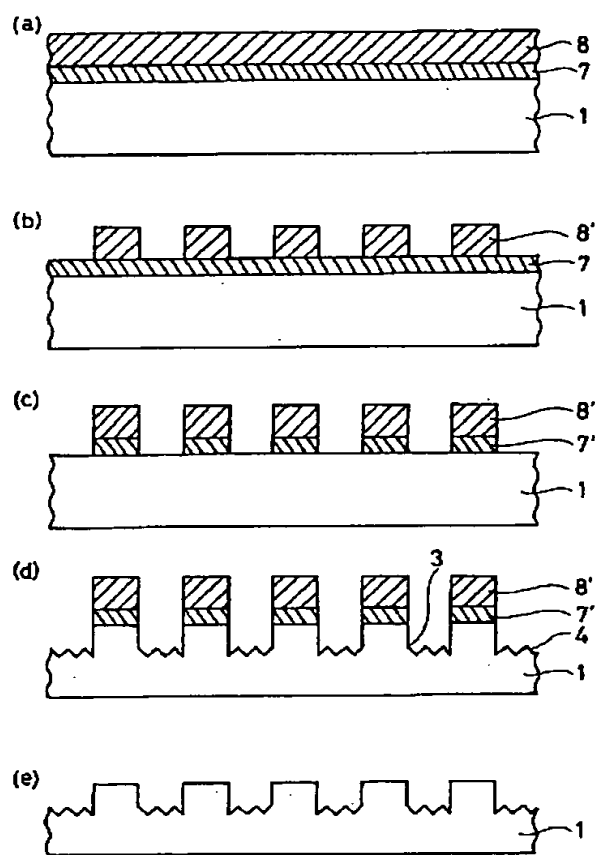
【図4】



【図7】



【図3】



【公報種別】特許法第17条の2の規定による補正の掲載
 【部門区分】第6部門第2区分
 【発行日】平成13年1月12日(2001.1.12)

【公開番号】特開平6-250381
 【公開日】平成6年9月9日(1994.9.9)
 【年通号数】公開特許公報6-2504
 【出願番号】特願平5-38705
 【国際特許分類第7版】

G03F 1/08
 H01L 21/027
 // H01L 21/302

【FI】

H01L 21/30 301 P
 G03F 1/08 A

【手続補正書】

【提出日】平成12年2月23日(2000.2.23)

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】特許請求の範囲

【補正方法】変更

【補正内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】 可視光または紫外光に対して透明な基板内に、底部に微細な凹凸を有する溝を設けて前記光に対して半透明な領域を形成し、かつこの半透明な領域と残る透明な領域との透過光に対する位相差を実質的に180°にしたことを特徴とする光露光用マスク板。

【請求項2】 半透明な領域が、透明な領域に対して10～90%の光透過率である請求項1の光露光用マスク板。

【請求項3】 前記微細な凹凸において、凸部の数が1000～5000ヶ/mm²であり、凹凸の高低差が3～10nmである請求項1の光露光用マスク板。

【請求項4】 表面にレジストパターンが形成されたSiO₂系の基板に、CHF₃またはCF₄とH₂の混合気体からなる第1のエッチングガスを用いてエッチングし、

およそ式(1)

$$m\lambda / \{2(n-1)\} \quad (1)$$

(ただしmは正の奇数、λは光の波長、nは基板の屈折率である)の距離に相当する深さの溝を予備形成し、この後に第1のエッチングガスに0.5～10vol%の炭化水素ガスを混合した第2のエッチングガスを用いて再びエッチングして式(1)に相当する深さで底面に光を反射する微細な凹凸を形成して溝を完成させ光露光用マスク板を製造することを特徴とする光露光用マスク板の製造方法。

【請求項5】 前記SiO₂系の基板が、金属薄膜を堆積したSiO₂系の基板上にレジストパターンを形成し、前記レジストパターンをマスクとして金属薄膜をエッチングしてパターンを形成することで、レジストパターン及び金属薄膜パターンをマスクとすることを特徴とする請求項4に記載の光露光用マスク板の製造方法。